

Задание от партнера олимпиады — ООО «Т8»

Оптический сигнал с длиной волны 1550 нм передается по линии связи, состоящей из передатчика, оптического волокна, эрбиевого усилителя, оптического демультиплексора и приемника. Затухание сигнала по мощности в демультиплексоре в 4 раза. Коэффициент затухания оптического волокна $\alpha = 0.2$ дБ/км. Длина оптического волокна в линии $L = 100$ км.

Эрбиевый усилитель усиливает входной оптический сигнал $P_{S,IN}$ и шум $P_{ASE,IN}$ и вносит собственный оптический шум. Для мощности сигнала $P_{S,OUT}$ и шума $P_{ASE,OUT}$ на выходе усилителя справедливы выражения:

$$P_{S,OUT} = P_{S,IN} \cdot G$$

$$P_{ASE,OUT} = P_{ASE,IN} \cdot G + (F \cdot G - 1) \cdot h \cdot \nu \cdot \Delta\nu, \text{ где:}$$

- G — коэффициент усиления усилителя по мощности (в раз)
- F — шум-фактор усилителя (в раз)
- h — постоянная Планка
- ν — частота сигнала
- $\Delta\nu$ — интервал частот, в котором рассчитывается мощность шума (принят за 12.5 ГГц)

Величина $h \cdot \nu \cdot \Delta\nu$ для излучения с частотой около 200 ТГц (соответствует длине волны 1550 нм) при $\Delta\nu = 12.5$ ГГц равна $1.6 \cdot 10^{-9}$ Вт, что соответствует уровню -58 дБм.

Шум-фактор F примите равным 4. Считайте, что $F \cdot G \gg 1$.

Приёмник примет сигнал с допустимо малым количеством ошибок при одновременном выполнении двух условий:

1. если его мощность будет в рабочем диапазоне от $P_{RX,MIN} = 1$ мкВт до $P_{RX,MAX} = 0,1$ мВт
2. если оптическое отношение сигнал/шум (отношение мощности сигнала к мощности шума, взятой в полосе $\Delta\nu$) будет не менее $OSNR_R = 10$ раз.

Оцените минимальную мощность оптического передатчика, при которой передача еще возможна. Усилитель с каким коэффициентом усиления G потребуется для такой передачи?

Справочная информация:

Соотношение линейной и логарифмической шкал

$$P[\text{мВт}] = 10^{(y[\text{дБм}]/10)}$$

$$y[\text{дБм}] = 10 \lg(P[\text{мВт}]/1\text{мВт})$$